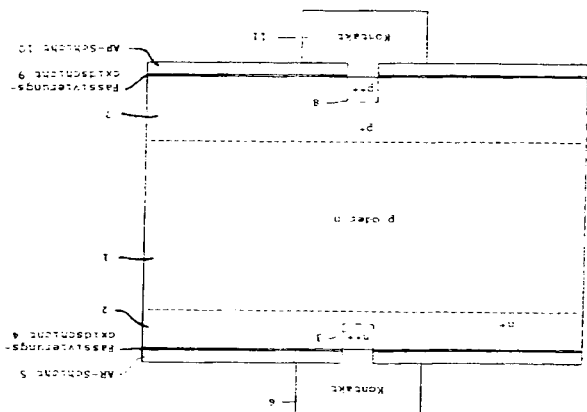


(57) Hochleistungs-Solarzellenstruktur, die insbesondere für eine einseitige oder zweiseitige Bestrahlung vorgesehen ist, vorzugsweise kristalline Siliziumsolarzelle mit np-Struktur auf der Basis von p-Typ-Siliziumsubstraten und n-Typ-Emitter an der der Sonne zugewandten Vorderseite. Ein optimaler Wirkungsgrad wird dadurch erzielt, daß auf den zur Bestrahlung vorgesehenen Solarzellenseiten tiefe, an den Oberflächen niedrig dotierte  $n^+$ - bzw.  $p^+$ -Schichten (2 bzw. 7) angeordnet sind, und daß in diese Schichten im Bereich der ohmschen Kontaktflächen (3/6 bzw. 8/11) der metallischen Kontakte (6 bzw. 11) flache, an der Oberfläche höher dotierte  $n^+$ - bzw.  $p^+$ -Schichten (2 bzw. 7) integriert sind.



(58) Hochleistungs-Solarzellenstruktur

Deutsche Aerospace AG, 8000 München, DE

(71) Anmelder:

09.12.91 DE 41 40 488.2

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

(72) Erfinder:

Schmidt, Wilfried, Dipl.-Phys., 7103 Schwäigern, DE;  
Wahl, Gerhard, Dipl.-Ing., 7120  
Bietigheim-Bissingen, DE

PATENTAMT

DEUTSCHES



DEUTSCHLAND

(19) BUNDESREPUBLIK

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 42 17 428 A 1

(21) Aktenzeichen: P 42 17 428.7  
(22) Anmeldetag: 27. 5. 92  
(43) Offenlegungstag: 17. 6. 93

H 01 L 31/18  
H 01 L 31/0216  
H 01 L 31/0224

H 01 L 31/0352

(51) Int. Cl. 5

DE 42 17 428 A 1



Eine andere leichter zu realisierende Struktur zeigt

Fig. 2. Hier wird zunächst (beim gezeigten Beispiel nur auf der Vorderseite) die niedriger dotierte Schicht hergestellt und darauf das gleichermaßen als Passivierungsmaskierungs- und Antireflexschicht wirkende Oxid aufgebracht. Durch dieses werden dann mittels eines Nd-Yag-Laserstrahls oder mechanischer Verfahren Gräben im Silizium hergestellt. Die dabei entstehenden Störungen des Kristallgefüges im Grabenbereich erfordern einen anschließenden naßchemischen Ätzschritt zur Abtragung der gestörten Zone.

Danach erfolgt die Herstellung der höher dotierten  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Bereiche. Nach Reduzierung der Oxidation auf die für eine optimale Antireflexwirkung benötigte Dicke von  $\lambda/4 \cdot n$  ( $\lambda$  = Wellenlänge des Lichtes im Reflexionsminimum,  $n$  = Brechungsindex) werden die Metallkontakte durch stromloses Abscheiden von Ni/Cu-Schichten in den Gräben hergestellt.

Dieser zunächst einfach erscheinende Herstellungsprozeß hat jedoch auch mehrere Nachteile: Die Reduzierung der Oxiddicke auf  $\lambda/4 \cdot n$  ist aufwendig und schwer kontrollierbar. Außerdem ergibt das Siliziumoxid stat. 2,3 nicht die optimale optische Anpassung für die im Modul eingebettete Zelle. Außerdem erfordern die galvanischen Kontaktherstellungsprozesse aufwendige Maßnahmen zur Reduzierung von Umweltbelastungen. Die Gräben reduzieren außerdem die Stabilität der Solarzelle, insbesondere bei den zur Materialinsparung angestrebten dünnen Solarzellen. Die verschiedenen naßchemischen Prozesse, einschließlich des Grabenätzschrittes, stehen außerdem einer Massenfertigung im kontinuierlichen Durchlaufverfahren entgegen, wodurch eine Senkung der Herstellkosten nur begrenzt möglich ist.

Letztlich erfüllen alle bisher vorgeschlagenen Strukturen für Hochleistungs-solarzellen nicht in vollem Maße die zur Erzielung optimaler Wirkungsgrade theoretisch gerechten Bedingungen und erfordern außerdem zu aufwendige Prozesse zu ihrer Herstellung bzw. haben andere wie die u. a. zuvor erwähnten Nachteile. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Hochleistungs-Solarzellenstruktur der eingangs genannten Art zu schaffen, die in vereinfachter Weise gegenüber den bisherigen Verfahren hergestellt werden kann, die den theoretischen Anforderungen gerecht wird und mit der ein optimaler Wirkungsgrad erzielt werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß auf den zur Bestrahlung vorgesehenen Solarzellen-seiten tiefe, an den Oberflächen niedrig dotierte  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichten angeordnet sind, und daß in diese Schichten im Bereich der ohmschen Kontaktf lächen der metallischen Kontakte flache, an der Oberfläche höher dotierte  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichten, integriert sind. Ein Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß die neue Struktur für beidseitige Bestrahlung vorgesehen sein kann. Ist nur eine einseitige Bestrahlung bei der Anwendung vorgesehen, ist auch eine vereinfachte Variante denkbar. So könnte nur auf der zur Bestrahlung vorgesehenen Seite die neue Struktur ausgeführt und auf der anderen Seite eine der bekannten einfacheren Strukturmerkmale (z. B. nur eine homogen dotierte Zone) verwendet werden.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer obenbeschriebenen Hochleistungs-Solarzellenstruktur weist folgende Verfahrensschritte auf:

Die Erfindung betrifft eine Hochleistungs-Solarzellenstruktur, die insbesondere für eine einseitige oder zweiseitige Bestrahlung vorgesehen ist, vorzugsweise kristalline Siliziumsolarzelle mit  $np$ -Struktur auf der Basis von  $p$ -typ-Siliziumsubstrat und  $n$ -typ-Emitter an der Sonne zugewandten Vorderseite. Um Solarzellen mit höchsten Wirkungsgraden zu erhalten, ist es u. a. erforderlich, Strukturen zu realisieren, die einen möglichst hohen Sammlungswirkungsgrad für die erzeugten Ladungsträger besitzen. Dies schließt eine Minimierung der Rekombination in den oberflächennahen Bereichen ein. Für die gebrauchliche kristalline Siliziumsolarzelle mit  $np$ -Struktur auf der Basis von  $p$ -typ-Siliziumsubstrat und  $n$ -typ-Emitter an der der Sonne zugewandten Vorderseite beinhaltet dies die Verwendung von Passivierungsschichten an den Oberflächen, vorteilhaft in Kombination mit einem Rückseitenfeld, das aus einer höher dotierten  $p^{++}$ -Schicht resultiert. Da im Bereich der ohmschen Kontaktf läche eine sehr hohe Rekombinationsrate vorliegt, sollte deren Flächenanteil so gering wie möglich sein, ohne daß Kontaktübergangswiderstandsverluste auftreten. Theoretische Berechnungen (z. B. Satoh et al., Techn. Digest Int. Photovoltaic Science and Engineering Conf., Tokyo, S. 83 (1987)) zur Festlegung des Designs der dotierten Zonen haben folgende Merkmale für eine optimale Auslegung ergeben: Für Bereiche mit hoher Oberflächenrekombinationsrate (z. B. ohmsche Kontaktf lächen) sollte die Oberflächenkonzentration der Dotierung hoch (z. B.  $> 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  bei  $n$ -typ-Emitter) und die dotierte Zone flach (z. B.  $< 0,3 \mu\text{m}$ ) sein. Für Bereiche mit niedriger Oberflächenrekombinationsrate (z. B. Bereiche mit Oberflächenpassivierung) sollte die Oberflächenkonzentration der Dotierung niedrig (zum Beispiel  $5 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-3}$ ) und die dotierte Zone tief (zum Beispiel  $1 - 2 \mu\text{m}$ ) sein. Bisherige Hochleistungs-solarzellen aus Silizium näheln meist der in Fig. 1 gezeigten Struktur (J. Zhao et al., Proceed. 22nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Las Vegas, 7-11. Oktober 1991), oft in vereinfachter Form. Dabei wird die stärker dotierte  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schicht zunächst durch photolithographische Eindiffusion eines Dotierstoffes hergestellt. Nach Entfernen des Maskierungsoxides auf der entsprechenden Zellen-seite erfolgt eine ganzflächige Diffusion zur Herstellung der niedrig dotierten  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichtbereiche. Weitere Prozessschritte sind das Entfernen der nach der Diffusion zurückbleibenden dotierten Glas-schichten auf den Oberflächen, das Aufwachsen des Passivierungsoxides, sowie die photolithographische Definition der Öffnungen im Passivierungsoxid für die Herstellung des ohmschen Kontaktes zwischen den höher dotierten  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichten und den danach meist in Vakuum-Aufdamptechnik aufgetragenen Metallkontakten. Zum Schluß wird meist noch eine doppel-lagige Antireflexbeschichtung (AR-Schicht) aufgebracht. Dieser Herstellungsprozeß ist sehr aufwendig und daher wenig kostengünstig. Wegen der Toleranzen bei den Photolithographieschritten müssen außerdem die höher dotierten Schichten deutlich größer hergestellt werden als die im ohmschen Kontakt zum Silizium stehenden metallischen Kontaktf lächen, was zu nicht optimalen Ergebnissen führt.

a) auf den Stirnflächen eines Siliziumsubstrates wird eine niedrig dotierte tiefe  $n^+$ -Schicht bzw. eine niedrig dotierte tiefe  $p^+$ -Schicht (mit niedriger Oberflächenkonzentration) ganzflächig hergestellt.  
 b) auf den niedrigdotierten, tiefen Schichten wird jeweils eine Passivierungsoxidschicht erzeugt,  
 c) auf die Passivierungsoxidschichten werden Absorptionsschichten aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid aufgebracht,  
 d) im Bereich der vorgesehenen ohmschen Kontaktflächen bzw. der metallischen Kontakte werden in den Absorptionsschichten und den Passivierungsschichten Diffusionsfenster durch Bestrahlung mit Laserlicht geöffnet,  
 e) in den Fensteröffnungen werden die höher dotierten flachen  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichten (mit hoher Oberflächenkonzentration) durch Eindiffusion von Dotierstoffen hergestellt, und  
 f) auf die Absorptionsschichten werden die metallischen Kontakte, die die Fensteröffnungen in den Absorptionsschichten und den Passivierungsoxidschichten ausfüllen, aufgebracht.

Eine erfindungsgemäße Weiterbildung des Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß nach dem Aufbringen der Absorptionsschichten aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid auf diese Schichten jeweils eine Siliziumoxidschicht in einer für Diffusionsmasken benötigten Dicke aufgebracht wird, und daß diese Maskierungsoxidschichten bei der Bestrahlung mit Laserlicht in den Bereichen der Fensteröffnungen abgetragen werden und bei der Herstellung der höher dotierten Schichten die Absorptionsschichten während des Diffusionsvorganges schützen.

Weitere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen 4 bis 12 beschrieben.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel nach der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen die Fig. 3 und 4, die sich an die den Stand der Technik wiedergebenden und eingangs beschriebenen Fig. 1 und 2 anschließen, jeweils eine schematische Darstellung einer Hochleistungs-Solarzellenstruktur im Querschnitt.

Diese Hochleistungs-Solarzellenstrukturen bestehen aus einem Siliziumsubstrat 1, auf dessen Stirnflächen eine niedrig dotierte tiefe  $n^+$ -Schicht (2) bzw. eine niedrig dotierte  $p^+$ -Schicht (7), jeweils eine Passivierungsoxidschicht (4) bzw. (9), jeweils eine Absorptionsschicht (5, 10), die als Antireflexschicht ausgebildet sein kann, und elektrische Kontakte (6) bzw. (11) hergestellt sind. Die in Fig. 4 dargestellte Struktur weist zusätzlich noch jeweils die, die Absorptionsschichten (AR-Schichten) (5) bzw. (10) bedeckenden Siliziumoxidschichten (Maskierungsoxidschichten) (12) bzw. (13) auf, deren Bedeutung und Herstellung untenstehend beschrieben wird.

Beide gezeigten Strukturen, die jeweils für eine beiderseitige Bestrahlung vorgesehen sind, weisen im Bereich der ohmschen Kontaktflächen 3/6 bzw. 8/11 an der Oberfläche höher dotierte flache  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichten auf, die in die an der Oberfläche niedrig dotierten  $n^+$ - bzw.  $p^+$ -Schichten (2) bzw. (7) integriert sind und die mit den elektrischen Kontakten (6) bzw. (11) in elektrisch leitender Verbindung stehen.

Das Verfahren zur Realisierung der in Fig. 3 und 4 gezeigten Strukturen beginnt mit der ganzflächigen Herstellung der niedrig dotierten tiefen Schichten (2) und (7) mittels der üblichen Verfahren, beispielsweise Diffusionsverfahren. Als nächstes erfolgt die Herstel-

lung der Passivierungsoxidschichten (4) und (9) (etwa durch thermische Oxidation).

Zur Herstellung der höher dotierten Schichten (3) und (8) mittels Diffusion von Dotieratomen wird eine Diffusionsmaske benötigt, für die üblicherweise eine hinreichend dicke ( $> 100\text{nm}$ ) Siliziumoxidschicht verwendet wird. Für die Öffnung des Diffusionsfensters in diesem Oxid bietet sich als flexibelste und kostengünstigste Methode der Einsatz eines Laserstrahles an, der jedoch nicht zu einer Schädigung der darunter liegenden Siliziumschichten führen darf. Daher scheidet die Verwendung der bisher eingesetzten (langwelligen) Nd-YAG-Laser aus. Auch die Verwendung eines kurzwelligen Excimer-Lasers stellt zunächst keine Lösung dar. Da die Absorption z. B. für Laserlicht der Wellenlänge  $\lambda = 240\text{ nm}$  im Siliziumoxid so gering ist, würde die darunter liegende Siliziumschicht durch eindringendes Laserlicht geschädigt werden.

Um derartige Schäden zu vermeiden, erfolgt zunächst auf den Passivierungsoxidschichten (4) und (9) die Herstellung der Absorptionsschichten (5) und (10). Dafür können z. B. einige  $100\text{ Å}$  dicke Schichten aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid verwendet werden. Diese absorbieren Laserlicht mit  $\lambda = 240\text{ nm}$  bereits bei derart geringen Einstrahlenergien, die zur Schädigung von Silizium nicht ausreichend sind. Da diese Schichten auch als Antireflexbeschichtungen üblich sind, wurde die Dicke von  $\lambda/4 \cdot n$  getestet. Versuche zeigten, daß die Absorptionsschichten dieser Dicke sehr gut die Bedingung erfüllen, einen Abtrag ohne Schädigung darunter liegender Siliziumschichten durchzuführen. Zwar könnte z. B. Siliziumnitrid auch als Diffusionsmaske Verwendung finden, jedoch würden durch die Diffusion seine optischen Eigenschaften so stark beeinträchtigt, daß es den Ansprüchen an eine gute Antireflexschicht nicht mehr genügt.

Daher wird über die, als AR-Schicht ausgelegten Absorptionsschichten (5) und (10), eine Siliziumoxidschicht (12) bzw. (13) mittels üblicher Verfahren (z. B. CVD-Abscheidung) in der für Diffusionsmasken benötigten Dicke aufgebracht, die gleichzeitig die darunter liegende Absorptionsschicht während der Diffusion schützt. Als weiterer Verfahrensschritt erfolgt dann die Öffnung der Diffusionsfenster durch Bestrahlung mit Laserlicht, das durch die Maskierungsoxidschicht in die Absorptionsschicht eindringt und darin absorbiert wird, wodurch das Schichtmaterial abdampft und dabei die Maskierungsoxidschicht mit abgehoben wird. Durch die so erzeugten Fensteröffnungen wird direkt anschließend die Herstellung der an der Oberfläche höher dotierten Schichten (3) und (8) bevorzugt mittels üblicher Diffusionsverfahren durchgeführt, denn die für gute optische und passivierende Eigenschaften erforderlichen Passivierungsoxide mit Dicken von  $100 - 300\text{ Å}$  stellen keine Beeinträchtigung für die Diffusion dar. Die Maskierungsoxidschichten (12, 13) können entweder ganz oder zumindest teilweise auf den Oberflächen verbleiben, da sie sich bei der eingebetteten Zelle optisch neutral verhalten (siehe Fig. 4), oder auch z. B. mittels üblicher Ätzverfahren in Flußsäuremischungen abgetragen werden (siehe Fig. 3), falls nach der Herstellung der Kontakte (6, 11) eine zweite AR-Beschichtung zur Erzielung einer doppelagigen AR-Schicht aufgebracht werden soll. Da insbesondere die bei den hohen Diffusionstemperaturen getemperten Siliziumnitridschichten in schwachen Flußsäurelösungen unlöslich sind, ist in diesem Fall das vollständige Abtragen des Maskierungsoxids problemlos möglich. Die anschließende Kontakttherstellung kann

mit allen üblichen Verfahren erfolgen, z. B. ist die preiswerte Siebdrucktechnik hierfür einsetzbar.

Abwandlungen der in den Fig. 3 und 4 gezeigten Struktur, wie zum Beispiel mit punkt- oder linienförmigen an der Oberfläche hochdotierten Bereichen (3) bzw. (8), und den zugehörigen gleichgroßen Fensteröffnungen in Kombination mit fingerförmigen oder ganzflächigen Kontaktschichten, sind ebenfalls möglich unter Beibehaltung der prinzipiellen neuen Strukturmerkmale und des Verfahrens zu ihrer Herstellung.

Der oben beschriebene, ein wesentliches Merkmal der Erfindung dargestellten Verfahrensschritt zum Öffnen von Fenstern in Maskierungsschichten ohne Schädigung darunterliegender Siliziumschichten könnte vorteilhafterweise auch bei der Herstellung anderer elektronischer Bauelemente eingesetzt werden.

#### Patentansprüche

1. Hochleistungs-Solarzellenstruktur, die insbesondere für eine einseitige oder zweiseitige Bestrahlung vorgesehen ist, vorzugsweise kristalline Siliziumsolarzelle mit np-Struktur auf der Basis von p-typ-Siliziumsubstraten und n-typ-Emitter an der der Sonne zugewandten Vorderseite, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf den zur Bestrahlung vorgesehenen Solarzellenseiten tiefe, an den Oberflächen niedrig dotierte  $n^+$ - bzw.  $p^+$ -Schichten (2 bzw. 7) angeordnet sind, und daß in diese Schichten (2 bzw. 7) im Bereich der ohmschen Kontaktflächen (3/6 bzw. 8/11) der metallischen Kontakte (6 bzw. 11) flache, an der Oberfläche höher dotierte  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichten (3 bzw. 8) integriert sind.
2. Verfahren zur Herstellung einer Hochleistungs-Solarzellenstruktur nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
  - a) auf den Stirnflächen des Siliziumsubstrates (1) wird eine niedrig dotierte tiefe  $n^+$ -Schicht (2) bzw. eine niedrig dotierte tiefe  $p^+$ -Schicht (7) (mit niedriger Oberflächenkonzentration) ganzflächig hergestellt,
  - b) auf den niedrig dotierten tiefen Schichten (2, 7) wird jeweils eine Passivierungsoxidschicht (4, 9) erzeugt,
  - c) auf die Passivierungsoxidschichten (4, 9) werden Absorptionsschichten (5, 10) aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid aufgebracht,
  - d) im Bereich der vorgesehenen ohmschen Kontaktflächen (3/6 bzw. 8/11) der metallischen Kontakte (6 bzw. 11) werden in den Absorptionsschichten (5, 10) und den Passivierungsschichten (4, 9) Diffusionsfenster durch Bestrahlung mit Laserlicht geöffnet,
  - e) in den Fensteröffnungen werden die höher dotierten flachen  $n^{++}$ - bzw.  $p^{++}$ -Schichten (3, 8) (mit hoher Oberflächenkonzentration) durch Eindiffusion von Dotierstoffen hergestellt, und
  - f) auf die Absorptionsschichten (5, 10) werden die metallischen Kontakte (6, 11), die die Fensteröffnungen in den Absorptionsschichten (5, 10) und Passivierungsoxidschichten (4, 9) ausfüllen, aufgebracht.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen der Absorptionsschichten (5, 10) aus Siliziumnitrid, Titanoxid oder Tantaloxid auf diese Schichten (5, 10) jeweils

eine als Maskierungsoxidschicht dienende Siliziumoxidschicht (12 bzw. 13) in einer für Diffusionsmasken benötigten Dicke aufgebracht wird, und daß diese Maskierungsoxidschichten (12, 13) bei der Bestrahlung mit Laserlicht in den Bereichen der Fensteröffnungen abgetragen werden und bei der Herstellung der höher dotierten Schichten (3, 8) die Absorptionsschichten (5, 10) während des Diffusionsvorganges schützen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch die Verwendung eines CVD-Abscheidungsverfahrens zur Herstellung der Siliziumoxidschichten (12, 13).

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die tiefen dotierten  $n^+$ - bzw.  $p^+$ -Schichten (2, 7) durch ein Diffusionsverfahren auf den Stirnseiten des Siliziumsubstrates (1) hergestellt werden.

6. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 5, gekennzeichnet durch ein Aufwachsen der Passivierungsoxidschichten (4, 9) durch thermische Oxidation auf die tiefen dotierten Schichten (2, 7).

7. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Absorptionsschichten (5, 10) als Antireflexbeschichtungen dienen und mit einer Dicke von  $\lambda/4 \cdot n$  aufgebracht werden, wobei  $\lambda$  die Wellenlänge und  $n$  den Brechungsindex des Materials der Absorptionsschichten bezeichnen.

8. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß auf die Absorptionsschichten (5, 10) und die Kontakte (6, 11) eine Antireflexschicht aufgebracht wird, wobei die gegebenenfalls auf den Absorptionsschichten (5, 10) vorhandenen Maskierungsoxidschichten (12, 13) vorher entfernt werden.

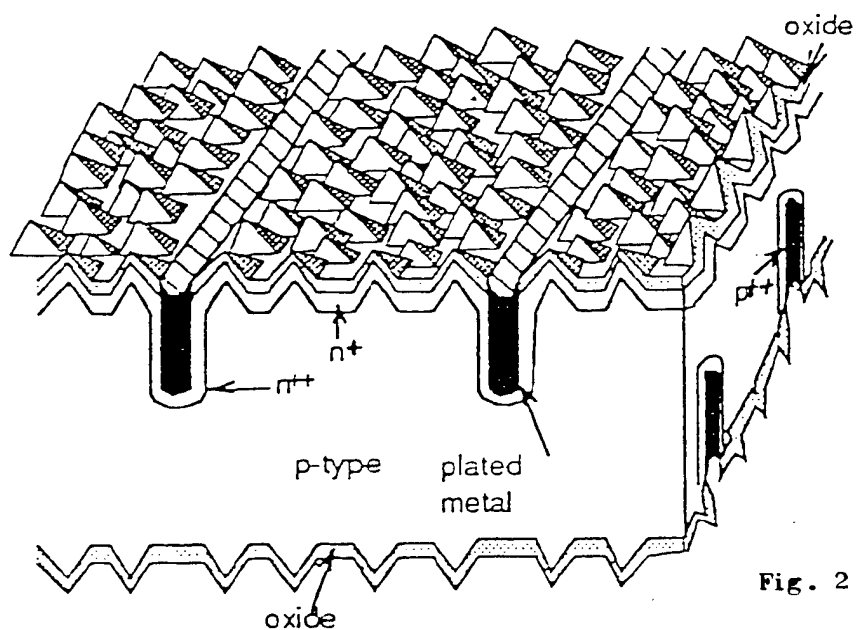
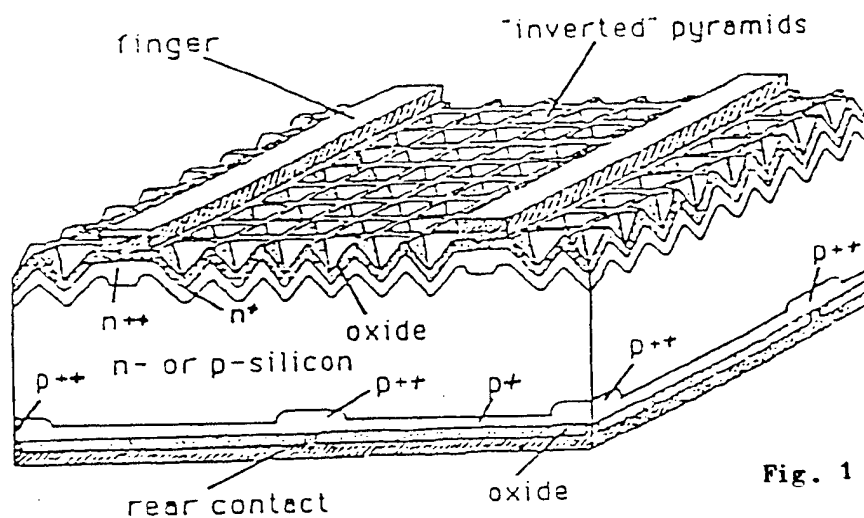
9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch ein Ätzverfahren in Flußsäuremischungen zum Abtragen der Maskierungsoxidschichten (12, 13).

10. Verfahren nach Anspruch 2, 3, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Antireflexbeschichtungen (5, 10) durch Aufdampfen, Aufschleudern, Aufsprühen, durch thermische Verfahren oder durch einen CVD-Prozeß hergestellt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 2 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Herstellung der metallischen Kontakte (6, 11) durch Siebdrucktechnik erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



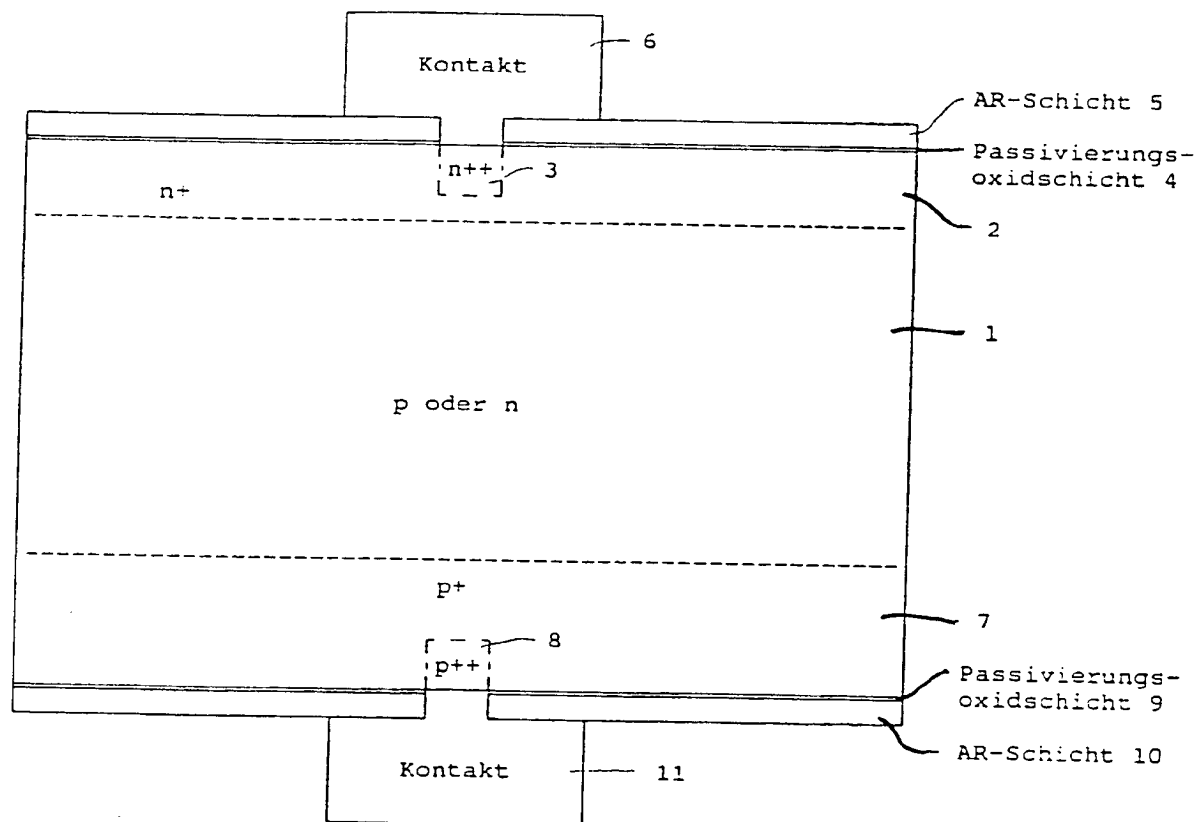


Fig. 3

Schematische Darstellung der Hochleistungs-  
solarzellenstruktur (Querschnitt)

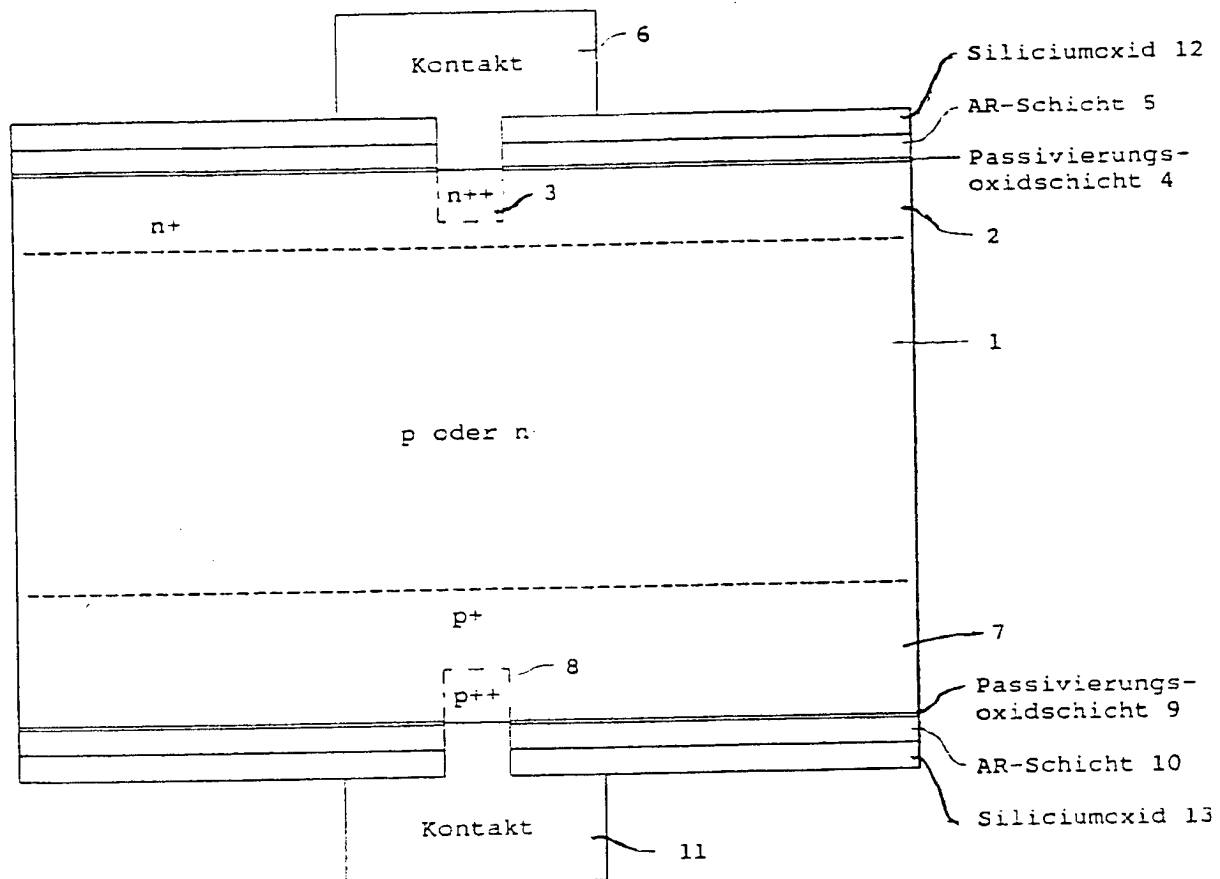


Fig. 4

Schematische Darstellung der Hochleistungssolarzellenstruktur (Querschnitt)